

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(a)

(11)Publication number : 2000-137164

(43)Date of publication of application : 16.05.2000

(51)Int.Cl.

G02B 15/163

G02B 13/18

(21)Application number : 10-310314

(71)Applicant : NIKON CORP  
TOCHIGI NIKON CORP

(22)Date of filing : 30.10.1998

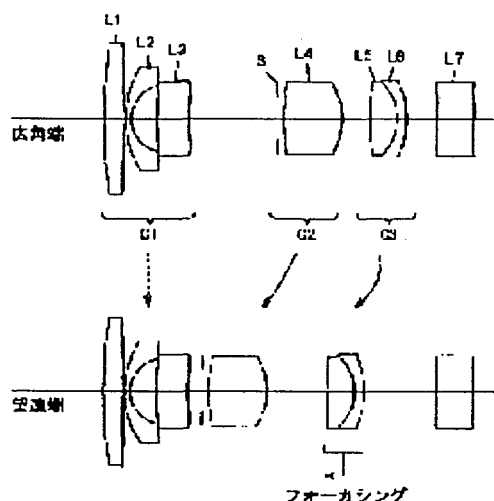
(72)Inventor : FUJITA TAKANORI

## (54) ZOOM LENS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a compact zoom lens having a larger viewing angle at wide-angle end.

SOLUTION: This zoom lens includes a 1st lens group G1 having negative refractive power, a 2nd lens group G2 having positive refractive power and a 3rd lens group G3 having positive refractive power in order from the object side. In the case of performing variable power from the wide-angle end to telephoto end, the 1st lens group stands still, the 2nd lens group is moved toward the object and the 3rd lens group is moved, then the 3rd lens group is moved toward the object so as to perform focusing from the long-distance object to the short-distance object. The lens satisfies expressions:  
 $0.15 < \frac{x_2}{s_2} \frac{w}{f_1 - f_w} < 1.0$ ,  
 $0.01 < \frac{c_2 w^2}{f_3 \cdot f_w} < 0.5$  and  $0.18 < \frac{s_2^2}{f_3 \cdot f_t} < 5$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to a compact zoom lens with a short lens overall length with an extensive field angle about a zoom lens.

[0002]

[Description of the Prior Art] Recently, it follows lightweight small [ the main part itself, such as small electronic cameras such as a personal digital assistant, ], and a miniaturization, a low cost, and wide angle-ization are called for also for the optical system carried in them. Its attention is paid to about 2 to 3-time optical system, and the inside of such a situation and a variable power ratio are \*\*\*\*. Furthermore, a thing larger than before is increasingly required also about the field angle of a wide angle edge.

[0003] Generally, the so-called 4 group zoom lens which consisted of the 1st lens group in which many of noncommercial zoom lenses have positive refractive power, a 2nd lens group with the negative refractive power for variable power, a 3rd lens group which set the aberration amendment as the main purposes, and a 4th lens group with the positive refractive power for an image-position amendment is used. The formation of the diameter ratio of macrostomia and a raise in a scale factor are comparatively easy for such a 4 group zoom lens. On the other hand, since it has positive refractive power in the 1st lens group, it is not suitable for an extensive field angle, and about 65 degrees of the field angle in a wide angle edge are a limitation.

[0004] On the other hand, generally as a type of the zoom lens with which the variable power ratio has attained small and the extensive field angle by about 2 to 3 times, the so-called 2 group zoom lens which consisted of a 1st lens group which has negative refractive power, and a 2nd lens group which has positive refractive power is known. moreover, as a zoom lens of 3 group composition, a variable power ratio comes out of 2 about 3 times, and what consists of the 1st lens group which has negative refractive power, the 2nd lens group which has positive refractive power, and the 3rd lens group which has positive refractive power is known

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the above 4 group zoom lenses of composition have many composition groups, and there is unreasonableness in achievement of a miniaturization. Moreover, there is a limitation also in extensive field angle-ization. Furthermore, although the above 2 group zoom lenses of composition of a miniaturization and the formation of an extensive field angle are advantageous compared with 4 group zoom lens of the above composition, in order that the 1st lens group may move in the case of variable power, an overall length changes a lot. Moreover, on the occasion of variable power and a focus (focusing is called below), in order to let out the comparatively large 1st lens group with a heavy weight to a body side, it became complicated in mechanism and there were problems, such as enlargement of a lens-barrel and a raise in cost. Furthermore, if the 1st lens group with a weight heavier than other groups is moved by the motor etc., while giving the load to a motor, quick auto-focusing is difficult. Furthermore, when performing focusing by the 1st lens group, in order to secure \*\*\*\* of the screen maximum circumference by the wide angle side at the time of point-blank range photography, front \*\*\*\* becomes large and is unsuitable for a miniaturization.

[0006] Moreover, with the zoom lens of 3 conventional group composition, although it had the latus field angle to some extent, it was not able to be said that it was still enough. Moreover, since a miniaturization was not attained in order to perform focusing by the 1st lens group, and the air interval further between groups [ each ] was not used effectively, the lens system was comparatively large. this invention aims at having the field angle of a bigger wide angle edge, and offering a small zoom lens in view of the above-mentioned trouble.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The 1st lens group which has negative refractive power in order from a body side in this invention in order to attain the above-mentioned purpose, Are a zoom lens containing the 2nd lens group which has positive refractive power, and the 3rd lens group which has positive refractive power, and the variable power of a tele edge is faced from a wide angle edge. The aforementioned 1st lens group stands it still, and the aforementioned 2nd lens group moves in the direction of a body. The aforementioned 3rd lens group moves, the aforementioned 3rd lens group is moved in the direction of a body, the focus to a short-distance body from a long distance body is performed, and the zoom lens characterized by satisfying following conditional-expression (1) - (3) is offered.

[0008]

$$0.15 < |(x2/s12w)/(f1/fw)| < 1.0 \quad (1)$$

$$0.01 < c23w2/(f3*fw) < 0.5 \quad (2)$$

$$0.18 < s23t2/(f3*ft) < 5 \quad (3)$$

However, fw : The focal distance of the wide angle edge of the whole zoom lens, ft : The focal distance of the tele edge of the whole zoom lens, f1 : The focal distance of the 1st lens group, f3 : The focal distance of the 3rd lens group, x2 : Movement magnitude by the variable power from the wide angle edge of the 2nd lens group to a tele edge, s12w: Distance from the image side principal point of the 1st lens group in a wide angle edge to the body side principal point of the 2nd lens group, s23t : The distance from the image side principal point of the 2nd lens group in a tele edge to the body side principal point of the 3rd lens group, and c23w: the peak interval of the 2nd lens group and the 3rd lens group in a wide angle edge -- it comes out

[0009] as mentioned above -- the zoom lens of this invention -- the zoom lens of 3 group composition -- carrying out -- the time of variable power -- the 1st lens group -- fixation -- the [ the 2nd lens group and ] -- when 3 lens groups were variable power, movable zoom TAIBU was adopted That is, the group which has negative refractive power advantageous to wide-angle-izing is arranged on the 1st lens, by the 2nd lens group which has positive refractive power, and the 3rd lens group which has a focusing function and has positive refractive power, it considers as the composition which performs adjustment of variable power and image position, and wide-angle-izing and a miniaturization are attained.

[0010]

[Embodiments of the Invention] The fundamental composition of the zoom lens of this invention consists of the 3rd lens group which has the 1st lens group which has negative refractive power in order, the 2nd lens group which has positive refractive power, and positive refractive power from a body side. On the occasion of the variable power of \*\*\*\*\*, the 1st lens group stands it still from a wide angle edge, the 2nd lens group moves in the direction of a body, and the interval of the 2nd lens group and the aforementioned 3rd lens group changes. Moreover, it is characterized by performing focusing from a long distance body to a short-distance body by moving the 3rd lens group in the direction of a body.

[0011] In order to fix the 1st lens group at the time of variable power and to set the overall length of a lens system constant with the zoom lens of this invention 3 lens groups are made into the group which has positive refractive power. the group which has negative refractive power -- the 1st lens group -- the [ the 2nd lens group and ] -- The method relayed so that the distance of the object point and the image point may become fixed was adopted carrying out variable power by the 3rd lens group which has the 2nd lens group and the positive refractive power which have positive refractive power for the virtual image by the 1st lens group which has negative refractive power. Moreover, since it became the so-called power arrangement of a retrospective focus type lens by making it the above-mentioned composition, it became easy to

lengthen a back focus and it became possible to arrange easily an optical low pass filter required for optical system, such as an electronic camera, an infrared cut-off filter, cover glass, etc. between a lens system and image pick-up elements, such as CCD.

[0012] Moreover, generally, in order to secure the flux of light of the screen maximum circumference by the wide angle side in the focal method to which the 1st lens group is moved along with an optical axis at the time of point-blank range photography, front \*\*\*\* becomes it being large and becoming heavy. For this reason, by this focal method, a miniaturization becomes difficult. That is, it is better for the miniaturization sake of a lens system for the 1st lens group with the constitutionally largest path to be fixed at the time of focusing. Compared with the lens type which performs focusing by the 1st lens group in order not to perform focusing by the 1st lens group but for the 3rd lens group to perform with the zoom lens of this invention, front \*\*\*\* can be made small, and it is achievement about small [ of the lens system which is the purpose of this invention ], and is \*\*.

[0013] Furthermore, by performing focusing by the 3rd lens group, \*\*\*\*-ization on a mechanism can also be attained and low-cost-ization of a lens-barrel etc. can be attained. Moreover, since the 3rd lens group is comparatively more nearly lightweight than the 1st lens group, compared with the lens which performs focusing, a few workload can perform quick focusing by the 1st lens group. It is made satisfied [ with this invention ] of conditional expression (1) attaining small [ of a lens system ].

[0014] Conditional expression (1) is the conditional expression about the miniaturization of a lens system, and is the conditional expression for setting up appropriately a ratio with the distance of the movement magnitude by the variable power from the wide angle edge of the 2nd lens group to the focal distance of a wide angle edge to a tele edge, the image side principal point of the wide angle edge of the 1st lens group, and the body side principal point of the wide angle edge of the 2nd lens group, and attaining a miniaturization. When the minimum of conditional expression (1) is exceeded, the movement magnitude by the variable power from the wide angle edge of the 2nd lens group to a tele edge will decrease to the distance of the image side principal point of the wide angle edge of the 1st lens group, and the body side principal point of the wide angle edge of the 2nd lens group. Therefore, it causes [ become refractive-power arrangement of the high variable power zoom sense, and the scale factor in each lens group is used by high twice, and ] increase of lens number of sheets and is unsuitable when realizing a desired variable power ratio.

[0015] If the upper limit of conditional expression (1) is exceeded, since the movement magnitude by the variable power from the wide angle edge of the 2nd lens group to \*\*\*\*\* will increase as compared with the distance from the image side principal point of the 1st lens group in a wide angle edge to the body side principal point of the 2nd lens group and the 1st lens group and the 2nd lens group will interfere by the tele edge, it is unsuitable. Moreover, since a variable power ratio is not securable enough, it is not desirable.

[0016] Generally in the wide angle zoom lens which negative refractive power like this invention precedes, the aberration amendment is so easy that [ , so that the refractive power of each group is weak, and ] the image formation scale factor with positive refractive power of a lens group is small. However, a lens system enlarges each of these and they cannot attain small. In this invention, a miniaturization and wide-angle-izing, and good aberration were attained by setting the focal distance of each group as the optimal value. The conditional expression (4) which is the conditions of the optimal refractive power of the 1st lens group below is shown.

[0017]

$$0.1 < |f_w/f_1| < 1.3 \quad (4)$$

however, the focal distance of the whole lens system in  $f_w$ :wide angle edge and the focal distance of the  $f_1$ :1st lens group -- it comes out

[0018] Although an overall length is made small and is advantageous to a miniaturization when the upper limit of conditional expression (4) is exceeded, since the refractive power of the 1st lens group becomes strong, distortion aberration negative at a wide angle edge increases, and an aberration amendment becomes difficult. Moreover, since the load of an aberration amendment of the 1st lens group becomes large, it is required to constitute the 1st lens group from many

lens number of sheets because refractive power became strong. So, a lens system can be enlarged by thick-lens-ization of the 1st lens group, the air interval of the 1st lens group and the 2nd lens group cannot be secured, and about [ that a desired variable power ratio is not obtained ] and a miniaturization cannot be attained.

[0019] Moreover, if the minimum of conditional expression (4) is exceeded, although the refractive power of the 1st lens group will become weak and the load of an aberration amendment will be mitigated, an overall length becomes long and a miniaturization cannot be attained. Moreover, since the incidence quantity of the axial outdoor daylight bunch of a wide angle edge becomes high, the path of the 1st lens group carries out large-sized, and cannot attain a miniaturization. The effect of retrospective focus TAIBU thins and it becomes impossible furthermore, for a back focus to fully secure.

[0020] Moreover, as for the 2nd lens group, it is desirable to satisfy the following conditional expression (5).

$$0.1 < f_w/f_2 < 0.5 \quad (5)$$

however, the focal distance of the whole lens system in fw:wide angle edge and the focal distance of the f2:2nd lens group -- it comes out

[0021] Conditional expression (5) is a formula about the refractive power of the 2nd lens group. if the upper limit of conditional expression (5) is exceeded -- the refractive power of the 2nd lens group -- strong -- becoming -- passing -- the [ a back focus and ] -- it becomes difficult to secure the interval of 1 lens group and the 2nd lens group, and it is not desirable. Moreover, the spherical aberration and the astigmatism in a tele edge become the shortage of an amendment, and are not desirable. If the minimum of conditional expression (5) is exceeded, although the refractive power of the 2nd lens group will become weak and the burden of an aberration amendment will be mitigated, the movement magnitude of the 2nd lens group by variable power increases, a lens system becomes large, and a miniaturization is not attained.

[0022] Furthermore, as for the 3rd lens group, it is desirable to satisfy the following conditional expression (6).

$$0.05 < f_w/f_3 < 0.35 \quad (6)$$

however, the focal distance of the whole lens system in fw:wide angle edge and the focal distance of the f3:3rd lens group -- it comes out

[0023] Conditional expression (6) is a formula about the refractive power of the 3rd lens group. If the upper limit of conditional expression (6) is exceeded, the refractive power of the 3rd lens group becomes strong too much, it becomes difficult to secure back focus \*\*, and it is not desirable. Moreover, the spherical aberration and the astigmatism in a tele edge become the shortage of an amendment, and are not desirable. Furthermore, when performing focusing by the 3rd lens group, aberration change becomes large and is not desirable. If the minimum of conditional expression (6) is exceeded, although the refractive power of the 3rd lens group will become weak and the burden of an aberration amendment will be mitigated, the movement magnitude of the 3rd lens group by variable power increases, a lens system becomes large, and a miniaturization is not attained. Moreover, the movement magnitude of the 3rd lens group by focusing increases, and it is not desirable.

[0024] In the zoom lens of this invention, the 3rd lens group is moved along with an optical axis, and it is made to perform focusing. the [ moreover, / the 1st lens group and ] -- although it is also possible to perform focusing by each group of 2 lens groups, in order to secure the flux of light of the screen maximum circumference at the time of the point-blank range photography by the side of a wide angle, front \*\*\*\* becomes tends to become large in the case of focusing the [ for this reason, / the 1st lens group and ] -- it is not desirable to perform focusing by each group of 2 lens groups

[0025] When performing focusing by the 3rd lens group, the above-mentioned conditional expression (2) and (3) are satisfied. The above-mentioned conditional expression (2) and (3) are the conditional expression for setting up appropriately the movable range of the 3rd lens group which is a focal group by the wide angle edge and each tele edge. If conditional expression (2) and the upper limit of (3) are exceeded, the refractive power of the 3rd lens group becomes strong too much, sufficient back focus cannot be secured, and it is not desirable. Moreover, the

aberration change by focusing becomes large and is not desirable. If the above-mentioned formula (2) and the minimum of (3) are exceeded, the refractive power of the 3rd lens group will become weak, and the movement magnitude of the 3rd lens group will become large at the time of focusing. So, the movable interval for performing focusing cannot fully secure, focusing cannot be performed to desired point-blank range, and it is not suitable. Moreover, a back focus becomes long too much, the whole lens system becomes large, and it is not desirable.

[0026] Moreover, it is desirable to satisfy the following conditional expression (7).

$$-0.4 < 1/\beta_{2T} < 0 \quad (7)$$

however, the image formation scale factor of the 2nd lens group in a  $\beta_{2T}$ :tele edge -- it comes out

[0027] The 2nd lens group is the lateral magnification borne by the tele edge, and this conditional expression (7) is a formula for implementable lens composition prescribing the size of the screen size to be used. Although it will be easy to secure a back focus when a variable power ratio is fixed if the upper limit of conditional expression (7) is exceeded, the scale factor which the variable power section bears will be in the state of a high scale factor. So, an amendment of many aberration is difficult and unsuitable. If the minimum of conditional expression (7) is exceeded, although mere wide-angle-izing is easy, it is difficult for the 2nd lens group and the 3rd lens group to interfere, and to secure a back focus at a wide angle edge, and it is unsuitable.

[0028] the zoom lens of this invention -- setting -- the 1st lens group -- the order from a body side -- the [ the 1st negative-meniscus-lens component, the 2nd negative-lens component, and ] -- the case where correct three and it constitutes from a NZU component -- the [ the 1st negative-meniscus-lens component and ] -- it becomes possible by introducing at least one aspheric surface into either at least among 2 negative-lens components to rectify distortion aberration and spherical aberration by the side of looking far good In the zoom type which negative refractive power precedes like this invention especially, the amendment of the distortion aberration by the side of a wide angle was very difficult, and had become the obstacle of a miniaturization. arranging the lens which has refractive power positive in weakening the refractive power of the 1st lens group for the distortion aberration acting as this obstacle to an amendment sake good \*\*\*\* in the body side of the 1st lens group -- an amendment -- although things were possible, since the 1st lens group was enlarged, small was not attained

[0029] introducing the aspheric surface into the 1st lens group in this invention -- distortion aberration -- good -- an amendment -- things became possible, further, by amendment operation of the aspheric surface, the margin which can strengthen refractive power of the 1st lens group arose, and the miniaturization of a lens system was attained The example of this invention shows the example which introduced the aspheric surface into the field by the side of the image of the 1st negative-meniscus-lens component as an example with the highest effect. Here, it is still more effective to make it the aspheric surface to which positive refractive power's becomes strong as the introduced aspheric surface separates from an optical axis.

[0030]

[Example] The example by this invention is shown below. The aspheric surface configuration X (y) is expressed with the following formulas among each example.

$X(y) = y^2/[r \cdot \{1 + (1 - k \cdot y^2/r^2)^{1/2}\}] + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10}$  -- here y is the distance from an optical axis, k is a constant of the cone, r is peak radius of curvature, and C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>8</sub>, and C<sub>10</sub> are the 4th aspheric surface coefficients [ 6th / 8th / 10th ].

[0031] Moreover, focusing from a long distance body to a short-distance body is moved to a body side, and performs the 3rd lens group. Table 4 from Table 1 shown below -- setting -- f -- a focal distance -- F.NO -- the f number -- 2 $\omega$  -- a field angle -- D<sub>0</sub> expresses the distance from the body at the time of short-distance photography to the 1st page, and, as for  $\beta$ , B<sub>f</sub> expresses the photography scale factor for the back focus, respectively Furthermore, from the body side which met in the direction in which a beam of light advances, a refractive index and the number of ATSU \*\* show a value [ as opposed to d line ( $\lambda = 587.6\text{nm}$ ) for the sequence of a lens ], respectively, and carry out, and a field number is \*\*. Moreover, the movement magnitude of the lens group by focus is the movement magnitude from the infinite distance of each position, a positive value shows the direction of the image surface, and the

negative value shows the direction of a body.

[0032] Moreover, it sets to each aberration view of each example, and is FNO. A shows the half-field angle for the f number, and d shows g line ( $\lambda=435.8\text{nm}$ ) for d line ( $\lambda=587.6\text{nm}$ ), respectively. Moreover, in the aberration view which shows astigmatism, a solid line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface.

The [1st example] Drawing 1 is drawing showing the lens composition of the 1st example in invention. The 1st lens group G1 consists of a biconvex lens L1, the negative meniscus lens L2 which turned the convex to the body side, and the negative meniscus lens L3 which turned the convex to the body side which has the aspheric surface in the second page. the biconvex lens L4 with which the 2nd lens group G2 has the aspheric surface in the first page -- consisting of one sheet, 3rd lens group G3 consists of a biconvex lens L5, a negative meniscus lens L6 which turned the concave surface to the body side, and one lamination lens. On the occasion of the variable power from a wide angle edge to a tele edge, in the 1st lens group G1, it is stood still, and it moves in the direction of a body and the air interval of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 decreases, it reduces near the wide angle edge and each of 2nd lens groups G2 and 3rd lens group G3 expands the air interval of the 2nd lens group G2 and 3rd lens group G3 near the tele edge.

[0033] The body of the 2nd lens group G2 to the 6th field and the 2nd field are the aspheric surfaces from the body of the 1st lens group G1. The value of the item of the 1st example of this invention is hung up over the next table 1.

[0034]

[Table 1]

f= 2.9 to 4.0-5.8 F. NO=2.22-2.54-2.72  $2\omega=80.35 -61.94 -43.75$  Field number Radius of curvature A spacing A refractive index The number of ATSU \*\* 1 49.871 1.700 1.846660 23.82 L1 G1 2 - 141.331 0.084 3 8.856 0.420 1.772500 49.68 L2 4 2.921 2.000 5 20.420 2.500 1.491080 57.57 L3 6 9.063 (d6= adjustable) 7 0.000 0.562 S 8 11.114 4.719 1.491080 57.57 L4 G2 9 - 6.311 (D9= Adjustable) 10 22.852 2.2501.603110 60.64 L5 G3 11 - 4.394 0.700 1.846660 23.82 L6 12 - 8.799 (d12= adjustable) 13 0.0003.000 1.516800 64.10 L7 14 0.000 2.217 (aspheric surface coefficient)

The 6th page The 8th page k= 1.0000 k= 1.0000 C4=-2.21770E-03 C4=-1.35540E-03 C6=-2.82010E-04 C6=-1.26280E-05 C8=-1.48230E-06 C8=-3.40250E-06 (adjustable interval in variable power)

f 2.90 4.00 5.80 d= 6 7.143 4.297 1.172 d= 9 2.109 4.266 4.784 d= 12 2.597 3.286 5.893 (movement magnitude in a short-distance focus)

f 2.90 4.00 5.80 beta -0.0274 -0.0379 -0.0555 D0 100.000 100.000 100.000 The 3rd lens group movement magnitude -0.109 -0.194 -0.351 (condition correspondence value)

f1=-5.2 f2=9.0 f3=15.0 fw=2.90 ft=5.80 x2=5.971 s12w=12.196 s23t=7.492 c23w=2.109 beta2t=-3.7111 drawing 2, drawing 3, and drawing 4 are many aberration views of the 1st example to d line ( $\lambda=587.6\text{nm}$ ) and g line ( $\lambda=435.8\text{nm}$ ). And as for drawing 2, drawing 3 shows [ drawing 4 ] many aberration views [ in / a tele edge / for many aberration views / in / a middle field angle / for many aberration views in a wide angle edge ], respectively.

[0035] In this example, many aberration is rectified good in each focal distance state so that clearly from each aberration view.

The [2nd example] Drawing 5 is drawing showing the lens composition of the 2nd example in this invention. The 1st lens group G1 consists body side \*\*\*\*\* of the meniscus lens L3 of \*\* NA \*\*\*\* with the negative meniscus lens L1 which turned the convex to the body side which has the aspheric surface in the first page, and the negative meniscus lens L2 which turned the convex to the body side. the biconvex lens L4 with which the 2nd lens group G2 has the aspheric surface in the first page -- consisting of one sheet, 3rd lens group G3 consists of lamination lenses of a biconvex lens L5 and the negative meniscus lens L6 which turned the concave surface to the body side. On the occasion of the variable power from a wide angle edge to a tele edge, in the 1st lens group G1, it is stood still, and it moves in the direction of a body and the air interval of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 decreases, it reduces near the wide angle edge and each of 2nd lens groups G2 and 3rd lens group G3 expands the air



interval of the 2nd lens group G2 and 3rd lens group G3 near the tele edge. The body of the 2nd lens group G2 to the 1st field and the 1st field are the aspheric surfaces from the body of the 1st lens group G1.

[0036] The value of the item of the 2nd example of this invention is hung up over the next table 2.

[0037]

[Table 2]

f= 2.83 to 4.0-5.8 F. NO=2.39-2.73-3.01 2omega=80.27 -60.94 -43.58 Field number Radius of curvature A spacing A refractive index The number of ATSU \*\* 1 8.737 0.700 1.805182 25.35 L1 G1 2 3.282 2.000 3 52.356 0.621 1.744429 49.52L2 4 4.210 0.600 5 5.222 1.321 1.805182 25.35 L3 6 18.605 (d6= adjustable) 7 0.0000.562 S 8 9.519 4.719 1.612720 58.54 L4 G2 9 -10.638 (d9= adjustable) 10 10.5843.000 1.603110 60.64 L5 G311 -4.060 0.700 1.846660 23.82L612 -11.938 (d12= adjustable) 13 0.0004.000 1.516800 64.10L714 0.000 1.465 (aspheric surface coefficient) The 1st page An octavus side k= 1.0000 k= 1.0000 C4=6.45990E-04 C4=-2.36130E-04 C6=2.96210E-05 C6=-2.42980E-05 C8=1.68000E-07 C8=-3.40250E-06 C10=-1.86000E-09 (adjustable interval in variable power)

f 2.83 4.00 5.80 d= 6 7.296 4.220 1.053 d= 9 2.366 4.760 5.287 d= 12 1.381 2.063 4.702

(movement magnitude in a short-distance focus)

f 2.83 4.00 5.80 beta -0.0271 -0.0384 -0.0562 D0 100.000 100.000 100.000 The 3rd lens group movement magnitude -0.106 -0.198 -0.357 (condition correspondence value)

f1=-5.20 f2=9.00 f3=15.00 fw=2.83 ft=5.80 x2=6.243 s12w=12.505 s23t=7.738 c23w=2.366

beta2t=-3.6557 drawing 6, drawing 7, and drawing 8 are many aberration views of the 2nd example to d line (lambda= 587.6nm) and g line (lambda= 435.8nm). And as for drawing 6, drawing 7 shows [ drawing 8 ] many aberration views [ in / a tele edge / for many aberration views / in / a middle field angle / for many aberration views in a wide angle edge ] ], respectively.

[0038] In this example, many aberration is rectified good in each focal distance state so that clearly from each aberration view.

The [3rd example] Drawing 9 is drawing showing the lens composition of the 3rd example in this invention. The 1st lens group G1 consists of the positive meniscus lens L1 which turned the convex to the body side, the negative meniscus lens L2 which turned the convex to the body side, and the negative meniscus lens L3 which turned the convex to the body side which has the aspheric surface in the second page. The 2nd lens group G2 changes from L4 to the first page one biconvex lens which has the aspheric surface, and 3rd lens group G3 consists of lamination lenses of a biconvex lens L5 and the negative meniscus lens L6 which turned the concave surface to the body side. On the occasion of the variable power from a wide angle edge to a tele edge, in the 1st lens group G1, it is stood still, and it moves in the direction of a body and the air interval of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 decreases, it reduces near the wide angle edge and each of 2nd lens groups G2 and 3rd lens group G3 expands the air interval of the 2nd lens group G2 and 3rd lens group G3 near the tele edge. The body of the 2nd lens group G2 to the 6th field and the 2nd field are the aspheric surfaces from the body of the 1st lens group G1.

[0039] The value of the item of the 3rd example of this invention is hung up over the next table 3.

[0040]

[Table 3]

f= 2.5 to 4.0-5.6 F. NO=2.16-2.50-2.66 2omega=89.19 -62.29 -45.56 Field number Radius of curvature A spacing A refractive index The number of ATSU \*\* 1 26.624 1.471 1.846660 23.82 L1 G1 2 170.636 0.072 3 7.818 0.350 1.772500 49.68L2 4 2.617 2.000 5 - 84.991 2.000 1.491080 57.57 L3 6 12.531 (d6= adjustable) 7 0.000 0.562 S 8 11.622 4.457 1.491080 57.57 L4 G29 - 5.690 (D9= Adjustable) 10 17.475 2.2501.603110 60.64 L5 G311 - 4.615 0.700 1.846660 23.82 L612 - 9.842 (d12= adjustable) 13 0.0003.000 1.516800 64.10 L714 0.000 2.079 (aspheric surface coefficient)

The 6th page The 8th page k= 1.0000 k= 1.0000 C4=-2.13650E-03 C4=-1.29390E-03 C6=-3.83210E-04 C6=-7.60230E-05 C8=-1.48230E-06 C8=-3.40250E-06 (adjustable interval in

variable power)

f 2.5 4.0 5.6 d= 6 7.177 3.300 0.837 d= 9 1.792 4.354 4.058 d= 12 2.363 3.678 6.436 (movement magnitude in a short-distance focus)

f 2.50 4.00 5.60 beta -0.0238 -0.0382 -0.0540 D0 100.000 100.000 100.000 The 3rd lens group movement magnitude -0.0823 -0.1886 -0.3221 (condition correspondence value)

f1=-4.50 f2=8.50 f3=15.00 fw=2.50 ft=5.60 x2=6.340 s12w=12.102 s23t=6.358 c23w=1.792

beta2t=-4.8240 drawing 10 , drawing 11 , and drawing 12 are many aberration views of the 3rd example to d line (lambda= 587.6nm) and g line (lambda= 435.8nm). And as for drawing 10 , drawing 11 shows [ drawing 12 ] many aberration views [ in / a tele edge / for many aberration views / in / a middle field angle / for many aberration views in a wide angle edge ] , respectively.

[0041] In this example, many aberration is rectified good in each focal distance state so that clearly from each aberration view.

The [4th example] Drawing 13 is drawing showing the lens composition of the 4th example in invention. The 1st lens group G1 consists of a biconvex lens L1, the negative meniscus lens L2 which turned the convex to the body side, and the positive meniscus lens L3 which turned the concave surface to the body side which has the aspheric surface in the second page. the biconvex lens L4 with which the 2nd lens group G2 has the aspheric surface in the first page --- consisting of one sheet, 3rd lens group G3 consists of lamination lenses of the negative meniscus lens L5 and biconvex lens L6 which turned the convex to the body side On the occasion of the variable power from a wide angle edge to a tele edge, the 1st lens group G1 stands it still, the 2nd lens group G2 moves in the direction of a body, the air interval of the 1st lens group G1 and the 2nd lens group G2 decreases, and the air interval of the 2nd lens group G2 and 3rd lens group G3 changes. The body of the 2nd lens group G2 to the 6th field and the 2nd field are the aspheric surfaces from the body of the 1st lens group G1.

[0042] The value of the item of the 4th example of this invention is hung up over the next table 4.

[0043]

[Table 4]

f= 2.9 to 4.0-5.8 F. NO=2.22-2.54-2.72 2omega=80.35 -61.94 -43.75 Field number Radius of curvature A spacing A refractive index The number of ATSU \*\* 1 56.198 1.700 1.860741 23.01 L1 G1 2 - 54.099 0.084 3 18.293 0.420 1.748099 52.30L2 4 2.603 2.000 5 - 17.188 1.370 1.603110 60.64 L3 6 - 15.397 (D6= Adjustable) 7 0.000 0.562 S 8 21.092 4.607 1.612720 58.54 L4 G29 - 5.573 (D9= Adjustable) 10 11.0371.120 1.860741 23.01 L5 G311 4.047 4.000 1.603110 60.64 L612 -22.541 (d12= adjustable) 13 0.0004.000 1.516800 64.10L714 0.000 0.883 (aspheric surface coefficient)

The 6th page An octavus side k= 1.0000 k= 1.0000 C4=-2.40920E-03 C4=-1.94050E-03 C6=-1.03570E-04 C6=-2.20670E-05 C8=-1.48230E-06 C8=-3.40250E-06 (adjustable interval in variable power)

f 2.90 4.00 5.80 d= 6 5.895 3.387 0.625 d= 9 1.232 3.977 4.659 d= 12 1.836 1.599 3.679 (movement magnitude in a short-distance focus)

f 2.90 4.00 5.80 beta -0.0274 -0.0379 -0.0555 D0 100.000 100.000 100.000 The 3rd lens group movement magnitude -0.1510 -0.2929 -0.5067 (condition correspondence value)

f1=-5.2 f2=7.7 f3=24.0 fw=2.90 ft=5.80 x2=5.270 s12w=11.981 s23t=6.429 c23w=1.232 beta2t=-1.8289 drawing 14 , drawing 15 , and drawing 16 are many aberration views of the 4th example to d line (lambda= 587.6nm) and g line (lambda= 435.8nm). And as for drawing 14 , drawing 15 shows [ drawing 16 ] many aberration views [ in / a tele edge / for many aberration views / in / a middle field angle / for many aberration views in a wide angle edge ] , respectively.

[0044] In this example, many aberration is rectified good in each focal distance state so that clearly from each aberration view. Moreover, the conditional-expression value of each example is shown as Table 5 below.

[0045]

[Table 5]

(Conditional-expression value list)

The 1st example The 2nd example The 3rd example 4th example  $|(x_2/s_{12}w)/(f_1/f_w)|$  0.2730  
 0.2718 0.2911 0.2453  $c_{23}w_2/(f_3*f_w)$  0.1023 0.0449 0.0856 0.0218  $st[23]^2/(f_3*f_t)$  0.6448 0.6886  
 0.4815 0.2970  $|f_w/f_1|$  0.5577 0.5444 0.5556 0.5577  $f_w/f_2$  0.3222 0.3145 0.2941 0.3766  $f_w/f_3$  0.1933  
 0.1887 0.1667 0.1208  $1/\beta_{2t}$  -0.2694 -0.2735 -0.2073 According to -0.5467, thus each  
 example, the formation of an extensive field angle and the miniaturization have been attained by  
 arranging the 1st lens group which negative \*\*\*\*\* and considering as 3 group composition in  
 the whole system. moreover, the thing for which an aspheric lens is adopted -- distortion  
 aberration and many aberration -- good -- an amendment -- things became possible Moreover,  
 by focusing by the 3rd lens group, further, the miniaturization of the path of the 1st lens was  
 able to be attained and was able to offer the zoom lens small [ the whole lens system ] and  
 highly efficient.

[0046]

[Effect of the Invention] As mentioned above, it became possible to have the field angle of a  
 bigger wide angle edge, and to offer a small zoom lens by this invention.

---

[Translation done.]

(a)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-137164

(P2000-137164A)

(43)公開日 平成12年5月16日(2000.5.16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 15/163  
13/18

G 0 2 B 15/163  
13/18

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 21 頁)

(21)出願番号

特願平10-310314

(22)出願日

平成10年10月30日(1998.10.30)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(71)出願人 592171153

株式会社栃木ニコン

栃木県大田原市実取770番地

(72)発明者 藤田 貴徳

栃木県大田原市実取770番地 株式会社栃  
木ニコン内

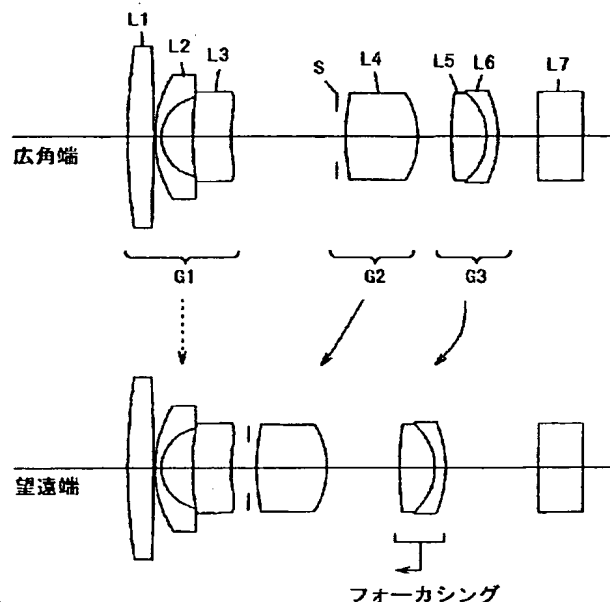
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ

(57)【要約】 (修正有)

【課題】より大きな広角端の画角を有し、且つ小型なズームレンズを提供する。

【解決手段】物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを含むズームレンズであって、広角端から望遠端の変倍に際して、前記第1レンズ群は静止し、前記第2レンズ群は物体方向に移動し、前記第3レンズ群は移動し、前記第3レンズ群を物体方向に移動させて遠距離物体から近距離物体への合焦を行い、条件式(1)  $0.15 < |x_2 / s_{12w}| / (f_1 / f_w) | < 1.0$ , (2)  $0.01 < c_{23w}^2 / (f_3 * f_w) < 0.5$ , (3)  $0.18 < s_{23t}^2 / (f_3 * f_t) < 5$ , を満足する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを含むズームレンズであって、広角端から望遠端の変倍に際して、前記第1レンズ群は静止し、前記第2レンズ群は物体方向に移動し、前記第3レンズ群は移動し、前記第3レンズ群を物体方向に移動させて遠距離物体から近距離物体への合焦を行い、 $f_w$ を前記ズームレンズ全体の広角端の焦点距離とし、 $f_t$ を前記ズームレンズ全体の望遠端の焦点距離とし、 $f_1$ を前記第1レンズ群の焦点距離とし、 $f_3$ を前記第3レンズ群の焦点距離とし、 $x_2$ を前記第2レンズ群の広角端から望遠端への変倍による移動量とし、 $s_{12w}$ を広角端での前記第1レンズ群の像側主点から前記第2レンズ群の物体側主点までの距離とし、 $s_{23t}$ を望遠端での前記第2レンズ群の像側主点から前記第3レンズ群の物体側主点までの距離とし、 $c_{23w}$ を広角端での前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との頂点間隔としたとき、以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.15 < |(x_2/s_{12w})/(f_1/f_w)| < 1.0$$

$$0.01 < c_{23w}^2/(f_3 \cdot f_w) < 0.5$$

$$0.18 < s_{23t}^2/(f_3 \cdot f_t) < 5$$

【請求項2】前記第1レンズ群は、非球面を有していることを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項3】広角端から望遠端への変倍に際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の空気間隔は縮小し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との空気間隔は拡大することを、特徴とする請求項1又は2記載のズームレンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ズームレンズに関し、特に、広画角でレンズ全長の短いコンパクトなズームレンズに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】最近、携帯端末等、小型電子カメラ等の本体自体の小型軽量に従い、それらに搭載される光学系も小型化、低コスト、広角化が求められている。そのような状況の中、変倍比が2から3倍程度の光学系が着目されやてている。更に、広角端の画角についても、従来より広いものが要求されるようになってきている。

【0003】一般に、民生用のズームレンズの多くは、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、変倍のための負の屈折力を持つ第2レンズ群と、収差補正を主な目的とした第3レンズ群と、像位置補正のための正の屈折力を持つ第4レンズ群とで構成された、所謂4群ズームレンズが用いられている。このような4群ズームレンズは大口徑比化、高倍率化が比較的容易である。しかし、その反面、第1レンズ群に正の屈折力を有しているため、広画

角には適しておらず、広角端における画角は65°程度が限界である。

【0004】一方、変倍比が2から3倍程度で小型、広画角を達成しているズームレンズのタイプとしては、一般に、負の屈折力を有する第1レンズ群と正の屈折力を有する第2レンズ群とで構成された、所謂2群ズームレンズが知られている。また、3群構成のズームレンズとしては、変倍比が2から3倍程度、で、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群からなるものが、知られている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような構成の4群ズームレンズは、構成群数が多く、小型化の達成には無理がある。また、広画角化にも限界がある。更に、上記のような構成の2群ズームレンズは、上記のような構成の4群ズームレンズに比べ小型化、広画角化は有利であるが、変倍の際に第1レンズ群が移動するため、全長が大きく変化する。また、変倍及び合焦（以下でフォーカシングと称す）の際に、比較的大きく重量の重い第1レンズ群を物体側へ繰り出すため、機構的に複雑になり、鏡筒の大型化及び高コスト化等の問題があった。更に、他の群より重量の重い第1レンズ群をモーター等で移動させるとモーターへの負荷を与えるとともに迅速なオートフォーカスが困難である。更に、第1レンズ群にてフォーカシングを行う場合、広角側に至近距離撮影時に画面最周辺の光束を確保するために前玉径が大きくなり、小型化には不向きである。

【0006】また、従来の3群構成のズームレンズでは、ある程度広い画角を有するとはいえ、未だ十分であると言えなかった。また、第1レンズ群にてフォーカシングを行うため、小型化が達成されておらず、更に、各群間の空気間隔を有効に使用していないため、レンズ系が比較的大きくなっていた。本発明は、上記問題点に鑑み、より大きな広角端の画角を有し、且つ小型なズームレンズを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明では、上記目的を達成するために、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを含むズームレンズであって、広角端から望遠端の変倍に際して、前記第1レンズ群は静止し、前記第2レンズ群は物体方向に移動し、前記第3レンズ群は移動し、前記第3レンズ群を物体方向に移動させて遠距離物体から近距離物体への合焦を行い、以下の条件式(1)～(3)を満足することを特徴とするズームレンズを提供する。

## 【0008】

$$0.15 < |(x_2/s_{12w})/(f_1/f_w)| < 1.0$$

(1)

$$0.01 < c23w^2 / (f3 \cdot fw) < 0.5$$

(2)

$$0.18 < s23t^2 / (f3 \cdot ft) < 5$$

(3)

ただし、

fw : ズームレンズ全体の広角端の焦点距離、

ft : ズームレンズ全体の望遠端の焦点距離、

f1 : 第1レンズ群の焦点距離、

f3 : 第3レンズ群の焦点距離、

x2 : 第2レンズ群の広角端から望遠端への変倍による移動量、

s12w: 広角端における第1レンズ群の像側主点から第2レンズ群の物体側主点までの距離、

s23t: 望遠端における第2レンズ群の像側主点から第3レンズ群の物体側主点までの距離、

c23w: 広角端における第2レンズ群と第3レンズ群との頂点間隔、  
である。

【0009】上記のように、本発明のズームレンズでは、3群構成のズームレンズとし、変倍の際に第1レンズ群が固定で、第2レンズ群及び第3レンズ群が変倍の際に可動であるズームタイプを採用した。つまり、広角化に有利な負の屈折力を有する群を第1レンズに配置し、正の屈折力を有する第2レンズ群と、フォーカシング機能を有し、正の屈折力を有する第3レンズ群とにより、変倍と像位置の調整とを行う構成とし、広角化と小型化とを達成する。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】本発明のズームレンズの基本的な構成は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群からなる。広角端から望遠端の変倍に際して、第1レンズ群が静止し、第2レンズ群が物体方向に移動し、第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化する。また、第3レンズ群を物体方向に移動させることにより、遠距離物体から近距離物体へのフォーカシングを行うことを特徴としている。

【0011】本発明のズームレンズでは、変倍時に第1レンズ群を固定し、レンズ系の全長を一定とするために、負の屈折力を有する群を第1レンズ群に、第2レンズ群及び第3レンズ群を正の屈折力を有する群とし、負の屈折力を有する第1レンズ群による虚像を正の屈折力を有する第2レンズ群及び正の屈折力を有する第3レンズ群により変倍しつつ物点と像点の距離が一定になるようにリレーする方式を採用した。また、上記構成にすることにより、所謂レドフフォーカス型レンズのパワー配置になるため、バックフォーカスを長くすることが容易なり、電子カメラ等の光学系に必要である光学的ローパスフィルター、赤外カットフィルター、カバーガラス等をレンズ系とCCD等の撮像素子との間に容易に配置することが可能になった。

【0012】また、一般に、第1レンズ群を光軸に沿っ

て移動させるフォーカス方式においては、広角側で至近距離撮影時に画面最周辺の光束を確保するため、前玉径が大きく、重くなりがちとなる。この為、このフォーカス方式では、小型化は難しくなる。つまり構成上、最も径の大きい第1レンズ群は、フォーカシング時には固定になっている方が、レンズ系の小型化のために良い。本発明のズームレンズでは、第1レンズ群にてフォーカシングを行わず、第3レンズ群で行うため、第1レンズ群にてフォーカシングを行うレンズタイプに比べ、前玉径を小さくでき、本発明の目的であるレンズ系の小型を達成できる。

【0013】更に、第3レンズ群にてフォーカシングを行うことで、機構上の簡素化も図れ、鏡筒等の低コスト化を達成できる。また、第3レンズ群は第1レンズ群より比較的軽量であるので、第1レンズ群でフォーカシングを行うレンズに比べ、少ない仕事量で迅速なフォーカシングを行える。本発明ではレンズ系の小型を達成するのに、条件式(1)を満足するようにしている。

【0014】条件式(1)は、レンズ系の小型化に関する条件式であり、広角端の焦点距離に対する第2レンズ群の広角端から望遠端への変倍による移動量と第1レンズ群の広角端の像側主点と第2レンズ群の広角端の物体側主点の距離との比を適切に設定し、小型化を達成するための条件式である。条件式(1)の下限を越えた場合、第1レンズ群の広角端の像側主点と第2レンズ群の広角端の物体側主点の距離に対し、第2レンズ群の広角端から望遠端への変倍による移動量が減少してしまう。そのため、所望の変倍比を実現するとき、高変倍ズーム向きの屈折力配置となり、各レンズ群での倍率が高倍で使用され、レンズ枚数の増大を招き不適當である。

【0015】条件式(1)の上限を越えると、第2レンズ群の広角端から望遠端への変倍による移動量が広角端における第1レンズ群の像側主点から第2レンズ群の物体側主点までの距離に比較して増大し、望遠端で第1レンズ群と第2レンズ群が干渉してしまうので、不適當である。また、変倍比を十分確保出来ないのでは、好ましくない。

【0016】本発明のような負の屈折力の先行する広角ズームレンズにおいて、一般に、各群の屈折力が弱いほど、また、正の屈折力を持つレンズ群の結像倍率が小さいほど収差補正は容易である。しかし、これらはいずれもレンズ系が大型化してしまい、小型を達成できない。本発明では各群の焦点距離を最適な値に設定することにより、小型化及び広角化、良好な収差を達成した。下記に第1レンズ群の最適な屈折力の条件である条件式(4)を示す。

#### 【0017】

$$0.1 < |fw/f1| < 1.3$$

ただし、

fw：広角端におけるレンズ系全体の焦点距離、

f1：第1レンズ群の焦点距離、

である。

【0018】条件式(4)の上限を越えた場合は、全長が小さくでき、小型化にとっては有利であるが、第1レンズ群の屈折力が強くなるため、広角端で負の歪曲収差が増大し、収差補正が困難になる。また、屈折力が強くなったことで、第1レンズ群の収差補正の負荷が大きくなるため、第1レンズ群を多くのレンズ枚数で構成することが必要である。それ故、第1レンズ群の厚レンズ化によりレンズ系が大型化し、第1レンズ群と第2レンズ

$$0.1 < fw/f2 < 0.5$$

ただし、

fw：広角端におけるレンズ系全体の焦点距離、

f2：第2レンズ群の焦点距離、

である。

【0021】条件式(5)は、第2レンズ群の屈折力に関する式である。条件式(5)の上限を越えると、第2レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、バックフォーカス及び第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を確保すること

$$0.05 < fw/f3 < 0.35$$

ただし、

fw：広角端におけるレンズ系全体の焦点距離、

f3：第3レンズ群の焦点距離、

である。

【0023】条件式(6)は、第3レンズ群の屈折力に関する式である。条件式(6)の上限を越えると、第3レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、バックフォーカスを確保することが困難になり、好ましくない。また、望遠端での球面収差及び非点収差が補正不足になり、好ましくない。更に、第3レンズ群でフォーカシングを行う場合、収差変動が大きくなり、好ましくない。条件式(6)の下限を越えると、第3レンズ群の屈折力が弱くなり、収差補正の負担が軽減されるが、変倍による第3レンズ群の移動量が増加し、レンズ系が大きくなり、小型化が達成されない。また、フォーカシングによる第3レンズ群の移動量が増え、好ましくない。

【0024】本発明のズームレンズにおいては、第3レンズ群を光軸に沿って移動させてフォーカシングを行う様にしている。また、第1レンズ群及び第2レンズ群の各群にてフォーカシングを行うことも可能であるが、フォーカシングの際、広角側の至近距離撮影時に画面最周

$$-0.4 < 1/\beta 2t < 0$$

ただし、

$\beta 2t$ ：望遠端における第2レンズ群の結像倍率、である。

【0027】この条件式(7)は、第2レンズ群が望遠端で担う横倍率であり、使用する画面サイズの大きさを

(4)

群の空気間隔が確保できず、所望の変倍比が得られないばかりか、小型化を達成できない。

【0019】また、条件式(4)の下限を越えると、第1レンズ群の屈折力が弱くなり、収差補正の負荷は軽減するが、全長が長くなり小型化が達成できない。また、広角端の軸外光束の入射高が高くなるため、第1レンズ群の径が大型し、小型化を達成できない。更に、レトロフォーカスタイプの効果が薄まり、バックフォーカスが十分に確保できなくなる。

【0020】また、第2レンズ群は以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

(5)

が困難になり、好ましくない。また、望遠端での球面収差及び非点収差が補正不足になり、好ましくない。条件式(5)の下限を越えると、第2レンズ群の屈折力が弱くなり、収差補正の負担が軽減されるが、変倍による第2レンズ群の移動量が増加し、レンズ系が大きくなり、小型化が達成されない。

【0022】更に、第3レンズ群は以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

(6)

辺の光束を確保するために前玉径が大きくなりがちとなる。このため、第1レンズ群及び第2レンズ群の各群にてフォーカシングを行うことは、好ましくない。

【0025】第3レンズ群でフォーカシングを行う場合、上記の条件式(2)及び(3)を満足する。上記条件式(2)及び(3)は、フォーカス群である第3レンズ群の可動範囲を広角端、望遠端それぞれにて適切に設定するための条件式である。条件式(2)及び(3)の上限を越えると、第3レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、十分なバックフォーカスが確保できず、好ましくない。また、フォーカシングによる収差変動が大きくなり、好ましくない。上記式(2)及び(3)の下限を越えると、第3レンズ群の屈折力が弱くなり、フォーカシング時に第3レンズ群の移動量が大きくなる。それ故、フォーカシングを行うための可動間隔が十分に確保できず、所望の至近距離までフォーカシングが行えず適当でない。また、バックフォーカスが長くなりすぎ、レンズ系全体が大きくなり、好ましくない。

【0026】また、以下の条件式(7)を満足するのが好ましい。

(7)

実現性のあるレンズ構成にて規定するための式である。条件式(7)の上限を越えると、変倍比が一定のとき、バックフォーカスを確保しやすいが、変倍部の担う倍率が高倍率の状態となる。それ故、諸収差の補正が困難であり、不適当である。条件式(7)の下限を越えると、

単なる広角化は容易であるが、第2レンズ群と第3レンズ群とが干渉し、且つ、バックフォーカスを広角端で確保することが困難であり、不適当である。

【0028】本発明のズームレンズにおいて、第1レンズ群を物体側から順に、第1負メニスカスレンズ成分、第2負レンズ成分、第3正レンズ成分で構成する場合、第1負メニスカスレンズ成分及び第2負レンズ成分のうち少なくともいずれか一方に少なくとも1つの非球面を導入することにより、歪曲収差及び望遠側における球面収差の補正を良好に行うことが可能になる。特に、本発明のように負の屈折力の先行するズームタイプにおいては、広角側での歪曲収差の補正は極めて難しく、小型化の障害となっていた。この障害となる歪曲収差を良好に補正するために、第1レンズ群の屈折力を弱めたり、第1レンズ群の物体側に正の屈折力を有するレンズを配置することにより補正することが可能であるが、第1レンズ群が大型化するため小型が達成されていなかった。

【0029】本発明では、第1レンズ群に非球面を導入することにより、歪曲収差を良好に補正することが可能になり、更に非球面の補正作用により、第1レンズ群の屈折力を強くできる余裕が生じ、レンズ系の小型化が可能となった。本発明の実施例では最も効果が高い例として、第1負メニスカスレンズ成分の像側の面に非球面を導入した例を示している。ここで、導入した非球面は光軸から離れるにしたがって正の屈折力のが強くなるような非球面にするのが更に効果的である。

#### 【0030】

【実施例】以下に本発明による実施例を示す。各実施例中、非球面形状 $X(y)$ は、以下の式で表される。

$$X(y) = y^2 / [r * \{1 + (1 - k * y^2 * r^2)^{1/2}\}] + C4 * y^4 + C6 * y^6 + C8 * y^8 + C10 * y^{10}$$

ここで、 $y$ は光軸からの距離であり、 $k$ は円錐係数であり、 $r$ は頂点曲率半径であり、 $C4$ 、 $C6$ 、 $C8$ 及び $C10$ は4次、6次、8次及び10次の非球面係数である。

【0031】また、遠距離物体から近距離物体へのフォ

$$f = 2.9 \sim 4.0 \sim 5.8$$

$$F.N0 = 2.22 \sim 2.54 \sim 2.72$$

$$2\omega = 80.35 \sim 61.94 \sim 43.75$$

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数	
1	49.871	1.700	1.846660	23.82	L 1 G 1
2	-141.331	0.084			
3	8.856	0.420	1.772500	49.68	L 2
4	2.921	2.000			
5	20.420	2.500	1.491080	57.57	L 3
6	9.063	(d6=可変)			
7	0.000	0.562			S
8	11.114	4.719	1.491080	57.57	L 4 G 2
9	-6.311	(d9=可変)			
10	22.852	2.250	1.603110	60.64	L 5 G 3

ーカシングは、第3レンズ群を物体側に移動させて行う。以下に示す表1から表4において、 $f$ は焦点距離を、 $F.N0$ はFナンバーを、 $2\omega$ は画角を、 $Bf$ はバックフォーカスを、 $D0$ は近距離撮影時の物体から第1面までの距離を、 $\beta$ は撮影倍率を、それぞれ表している。更に、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からレンズの順序を、屈折率及びアッペ数はそれぞれ、 $d$ 線( $\lambda=587.6nm$ )に対する値を示してしる。また、合焦によるレンズ群の移動量は、各ポジションの無限遠からの移動量であり、正の値が像面方向を示し、負の値が物体方向を示している。

【0032】また、各実施例の各収差図において、 $F.N0$ はFナンバーを、 $A$ は半画角を、 $d$ は $d$ 線( $\lambda=587.6nm$ )を、 $g$ 線( $\lambda=435.8nm$ )をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。

【第1実施例】図1は、発明における第1実施例のレンズ構成を示す図である。第1レンズ群G1は、両凸レンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、第二面に非球面を有する物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL3とから成る。第2レンズ群G2は、第一面に非球面を有する両凸レンズL4一枚から成り、第3レンズ群G3は、両凸レンズL5と物体側に凹面を向けた負のメニスカスレンズL6と貼り合わせレンズ一枚から構成される。広角端から望遠端への変倍に際して、第1レンズ群G1は静止し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とはいずれも物体方向に移動し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔は減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔は広角端近傍では縮小し望遠端近傍では拡大する。

【0033】第1レンズ群G1の物体から6番目の面と第2レンズ群G2の物体から2番目の面は非球面である。次の表1に、本発明の第1実施例の諸元の値を掲げる。

#### 【0034】

【表1】



1 1	-4.394	0.700	1.846660	23.82	L 6
1 2	-8.799	(d12= 可変)			
1 3	0.000	3.000	1.516800	64.10	L 7
1 4	0.000	2.217			

(非球面係数)

第 6 面

k=1.0000

C4=-2.21770E-03

C6=-2.82010E-04

C8=-1.48230E-06

第 8 面

k=1.0000

C4=-1.35540E-03

C6=-1.26280E-05

C8=-3.40250E-06

(変倍における可変間隔)

f	2.90	4.00	5.80
d=6	7.143	4.297	1.172
d=9	2.109	4.266	4.784
d=12	2.597	3.286	5.893

(近距離合焦における移動量)

f	2.90	4.00	5.80
$\beta$	-0.0274	-0.0379	-0.0555
D0	100.000	100.000	100.000

第 3 レンズ群移動量 -0.109 -0.194 -0.351

(条件対応値)

f1=-5.2	f2=9.0	f3=15.0	fw=2.90	ft=5.80
x2=5.971	s12w=12.196	s23t=7.492	c23w=2.109	$\beta 2t=-3.7111$

図 2、図 3 及び図 4 は、d 線 ( $\lambda=587.6\text{nm}$ ) 及び g 線 ( $\lambda=435.8\text{nm}$ ) に対する第 1 実施例の諸収差図である。そして、図 2 は広角端における諸収差図を、図 3 は中間画角における諸収差図を、図 4 は望遠端における諸収差図をそれぞれ示している。

【0035】各収差図から明らかなように、本実施例では、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されている。

〔第 2 実施例〕図 5 は、本発明における第 2 実施例のレンズ構成を示す図である。第 1 レンズ群 G 1 は、第一面に非球面を有する物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズ L 2 と、物体側凸面を向けた正のメニスカスレンズ L 3 とから成る。第 2 レンズ群 G 2 は、第一面に非球面を有する両凸レンズ L 4 一枚から成り、第 3 レンズ群 G

3 は、両凸レンズ L 5 と物体側に凹面を向けた負のメニスカスレンズ L 6 との貼り合わせレンズから構成される。広角端から望遠端への変倍に際して、第 1 レンズ群 G 1 は静止し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 とはいずれも物体方向に移動し、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔は減少し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔は広角端近傍では縮小し、望遠端近傍では拡大する。第 1 レンズ群 G 1 の物体から 1 番目の面と第 2 レンズ群 G 2 の物体から 1 番目の面とは非球面である。

【0036】次の表 2 に、本発明の第 2 実施例の諸元の値を掲げる。

【0037】

【表 2】

f = 2.83 ~ 4.0 ~ 5.8					
F.NO = 2.39 ~ 2.73 ~ 3.01					
2 $\omega$ = 80.27 ~ 60.94 ~ 43.58					
面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数	
1	8.737	0.700	1.805182	25.35	L 1 G 1
2	3.282	2.000			
3	52.356	0.621	1.744429	49.52	L 2
4	4.210	0.600			
5	5.222	1.321	1.805182	25.35	L 3
6	18.605	(d6=可変)			
7	0.000	0.562			S
8	9.519	4.719	1.612720	58.54	L 4 G 2

9	-10.638	(d9=可変)				
10	10.584	3.000	1.603110	60.64	L 5	G 3
11	-4.060	0.700	1.846660	23.82	L 6	
12	-11.938	(d12=可変)				
13	0.000	4.000	1.516800	64.10	L 7	
14	0.000	1.465				

(非球面係数)

第1面

k=1.0000

C4=6.45990E-04

C6=2.96210E-05

C8=1.68000E-07

C10=-1.86000E-09

第8面

k=1.0000

C4=-2.36130E-04

C6=-2.42980E-05

C8=-3.40250E-06

(変倍における可変間隔)

f	2.83	4.00	5.80
d=6	7.296	4.220	1.053
d=9	2.366	4.760	5.287
d=12	1.381	2.063	4.702

(近距離合焦における移動量)

f	2.83	4.00	5.80
$\beta$	-0.0271	-0.0384	-0.0562
D0	100.000	100.000	100.000
第3レンズ群移動量	-0.106	-0.198	-0.357

(条件対応値)

f1=-5.20	f2=9.00	f3=15.00	fw=2.83	ft=5.80
x2=6.243	s12w=12.505	s23t=7.738	c23w=2.366	$\beta 2t=-3.6557$

図6、図7及び図8は、d線( $\lambda=587.6\text{nm}$ )及びg線( $\lambda=435.8\text{nm}$ )に対する第2実施例の諸収差図である。そして、図6は広角端における諸収差図を、図7は中間画角における諸収差図を、図8は望遠端における諸収差図をそれぞれ示している。

【0038】各収差図から明らかなように、本実施例では、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されている。

〔第3実施例〕図9は、本発明における第3実施例のレンズ構成を示す図である。第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、第二面に非球面を有する物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL3とから成る。第2レンズ群G2は、第一面に非球面を有する両凸レンズ一枚L4から成り、第3レンズ群G3

は、両凸レンズL5と物体側に凹面を向けた負のメニスカスレンズL6との貼り合わせレンズから構成される。広角端から望遠端への変倍に際して、第1レンズ群G1は静止し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とはいずれも物体方向に移動し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔は減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔は広角端近傍では縮小し、望遠端近傍では拡大する。第1レンズ群G1の物体から6番目の面と第2レンズ群G2の物体から2番目の面は非球面である。

【0039】次の表3に、本発明の第3実施例の諸元の値を掲げる。

【0040】

【表3】

	f=2.5~4.0~5.6					
	F.NO=2.16~2.50~2.66					
	2 $\omega$ =89.19~62.29~45.56					
面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数		
1	26.624	1.471	1.846660	23.82	L 1	G 1
2	170.636	0.072				
3	7.818	0.350	1.772500	49.68	L 2	
4	2.617	2.000				
5	-84.991	2.000	1.491080	57.57	L 3	

6	12.531	(d6=可変)				
7	0.000	0.562			S	
8	11.622	4.457	1.491080	57.57	L 4	G 2
9	-5.690	(d9=可変)				
10	17.475	2.250	1.603110	60.64	L 5	G 3
11	-4.615	0.700	1.846660	23.82	L 6	
12	-9.842	(d12= 可変)				
13	0.000	3.000	1.516800	64.10	L 7	
14	0.000	2.079				

(非球面係数)

第6面

k=1.0000

C4=-2.13650E-03

C6=-3.83210E-04

C8=-1.48230E-06

第8面

k=1.0000

C4=-1.29390E-03

C6=-7.60230E-05

C8=-3.40250E-06

(変倍における可変間隔)

f	2.5	4.0	5.6
d=6	7.177	3.300	0.837
d=9	1.792	4.354	4.058
d=12	2.363	3.678	6.436

(近距離合焦における移動量)

f	2.50	4.00	5.60
$\beta$	-0.0238	-0.0382	-0.0540
D0	100.000	100.000	100.000
第3レンズ群移動量	-0.0823	-0.1886	-0.3221

(条件対応値)

f1=-4.50	f2=8.50	f3=15.00	fw=2.50	ft=5.60
x2=6.340	s12w=12.102	s23t=6.358	c23w=1.792	$\beta 2t=-4.8240$

図10、図11及び図12は、d線 ( $\lambda=587.6\text{nm}$ ) 及びg線 ( $\lambda=435.8\text{nm}$ ) に対する第3実施例の諸収差図である。そして、図10は広角端における諸収差図を、図11は中間画角における諸収差図を、図12は望遠端における諸収差図をそれぞれ示している。

【0041】各収差図から明らかなように、本実施例では、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されている。

〔第4実施例〕図13は、発明における第4実施例のレンズ構成を示す図である。第1レンズ群G1は、両凸レンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、第二面に非球面を有する物体側に凹面を向けた正のメニスカスレンズL3とから成る。第2レンズ群G2は、第一面に非球面を有する両凸レンズL4一枚から

f=2.9 ~4.0 ~5.8

F.NO=2.22~2.54~2.72

 $2\omega=80.35 \sim 61.94 \sim 43.75$ 

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数		
1	56.198	1.700	1.860741	23.01	L 1	G 1
2	-54.099	0.084				
3	18.293	0.420	1.748099	52.30	L 2	
4	2.603	2.000				

成り、第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズL5と両凸レンズL6との貼り合わせレンズから構成される。広角端から望遠端への変倍に際して、第1レンズ群G1は静止し、第2レンズ群G2は物体方向に移動し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔は減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が変化する。第1レンズ群G1の物体から6番目の面と第2レンズ群G2の物体から2番目の面は非球面である。

【0042】次の表4に、本発明の第4実施例の諸元の値を掲げる。

【0043】

【表4】

5	-17.188	1.370	1.603110	60.64	L 3
6	-15.397	(d6=可変)			
7	0.000	0.562			S
8	21.092	4.607	1.612720	58.54	L 4 G 2
9	-5.573	(d9=可変)			
10	11.037	1.120	1.860741	23.01	L 5 G 3
11	4.047	4.000	1.603110	60.64	L 6
12	-22.541	(d12=可変)			
13	0.000	4.000	1.516800	64.10	L 7
14	0.000	0.883			

(非球面係数)

第6面

k=1.0000

C4=-2.40920E-03

C6=-1.03570E-04

C8=-1.48230E-06

第8面

k=1.0000

C4=-1.94050E-03

C6=-2.20670E-05

C8=-3.40250E-06

(変倍における可変間隔)

f 2.90 4.00 5.80

d=6 5.895 3.387 0.625

d=9 1.232 3.977 4.659

d=12 1.836 1.599 3.679

(近距離合焦における移動量)

f 2.90 4.00 5.80

 $\beta$  -0.0274 -0.0379 -0.0555

D0 100.000 100.000 100.000

第3レンズ群移動量 -0.1510 -0.2929 -0.5067

(条件対応値)

f1=-5.2 f2=7.7 f3=24.0 fw=2.90 ft=5.80

x2=5.270 s12w=11.981 s23t=6.429 c23w=1.232  $\beta$ 2t=-1.8289

図14、図15及び図16は、d線( $\lambda=587.6\text{nm}$ )及びg線( $\lambda=435.8\text{nm}$ )に対する第4実施例の諸収差図である。そして、図14は広角端における諸収差図を、図15は中間画角における諸収差図を、図16は望遠端における諸収差図をそれぞれ示している。

は、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されている。また、以下に、表5として、各実施例の条件式値を示す。

【0045】

【表5】

【0044】各収差図から明らかなように、本実施例で

(条件式値一覧)

	第1実施例	第2実施例	第3実施例	第4実施例
$  (x2/s12w)/(f1/fw)  $	0.2730	0.2718	0.2911	0.2453
$c23w^2/(f3*fw)$	0.1023	0.0449	0.0856	0.0218
$s23t^2/(f3*ft)$	0.6448	0.6886	0.4815	0.2970
$  fw/f1  $	0.5577	0.5444	0.5556	0.5577
$fw/f2$	0.3222	0.3145	0.2941	0.3766
$fw/f3$	0.1933	0.1887	0.1667	0.1208
$1/\beta 2t$	-0.2694	-0.2735	-0.2073	-0.5467

このように、各実施例によれば、負の屈折力有する第1レンズ群を配置し、全系で3群構成とすることにより、広画角化及び小型化を達成できた。また、非球面レンズを採用する事により歪曲収差や諸収差を良好に補正することが可能となった。また、第3レンズ群で合焦することで、更に第1レンズの径の小型化が可能になり、レン

ズ系全体が小型で高性能なズームレンズを提供することができた。

【0046】

【発明の効果】以上のように、本発明によって、より大きな広角端の画角を有し、且つ小型なズームレンズを提供することが可能となった。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明による第1実施例のズームレンズの構成を示す図である。

【図2】図2は、第1実施例のズームレンズの広角端での諸収差図である。

【図3】図3は、第1実施例のズームレンズの中間画角での諸収差図である。

【図4】図4は、第1実施例のズームレンズの望遠端での諸収差図である。

【図5】図5は、本発明による第2実施例のズームレンズの構成を示す図である。

【図6】図6は、第2実施例のズームレンズの広角端での諸収差図である。

【図7】図7は、第2実施例のズームレンズの中間画角での諸収差図である。

【図8】図8は、第2実施例のズームレンズの望遠端での諸収差図である。

【図9】図9は、本発明による第3実施例のズームレンズの構成を示す図である。

【図10】図10は、第3実施例のズームレンズの広角

端での諸収差図である。

【図11】図11は、第3実施例のズームレンズの中間画角での諸収差図である。

【図12】図12は、第3実施例のズームレンズの望遠端での諸収差図である。

【図13】図13は、本発明による第4実施例のズームレンズの構成を示す図である。

【図14】図14は、第4実施例のズームレンズの広角端での諸収差図である。

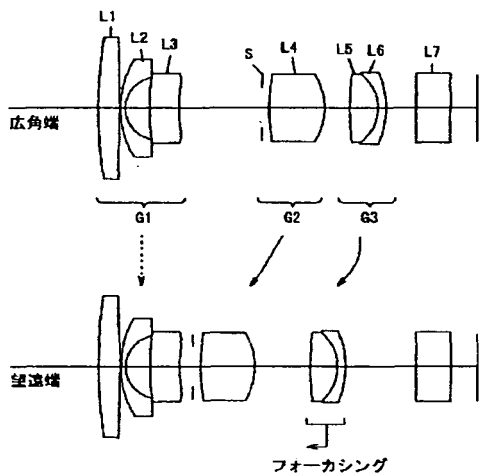
【図15】図15は、第4実施例のズームレンズの中間画角での諸収差図である。

【図16】図16は、第4実施例のズームレンズの望遠端での諸収差図である。

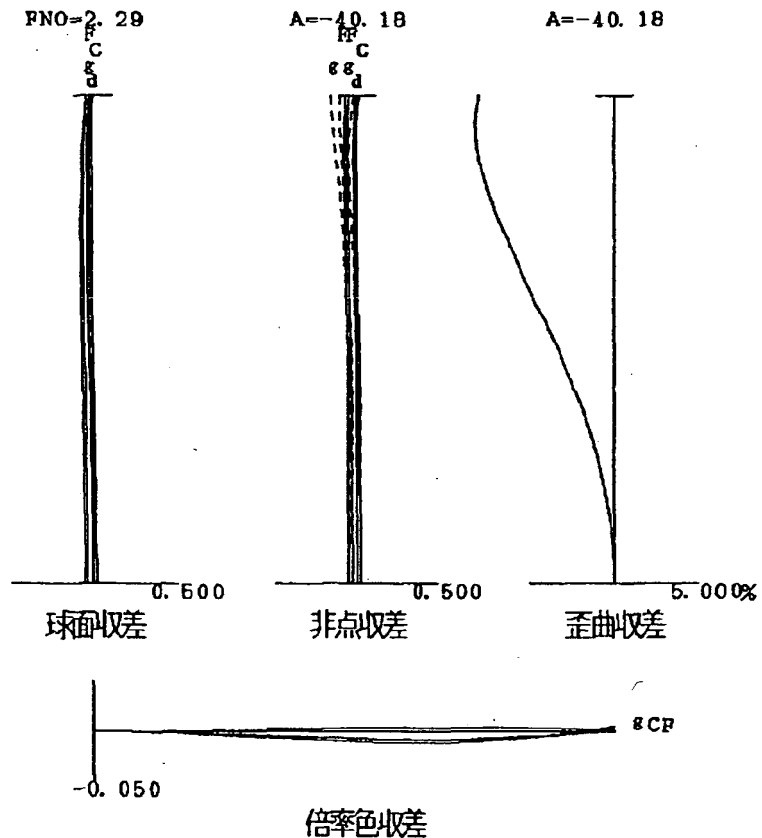
## 【符号の説明】

G 1	第1レンズ群
G 2	第2レンズ群
G 3	第3レンズ群
S	絞り
L 1～L 6	各レンズ

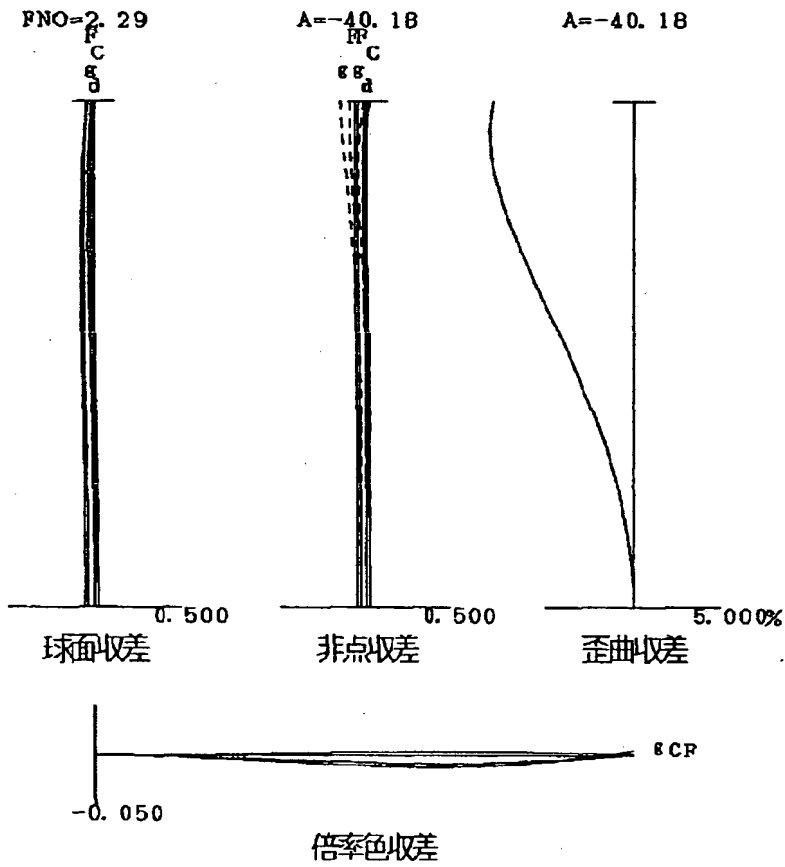
【図1】



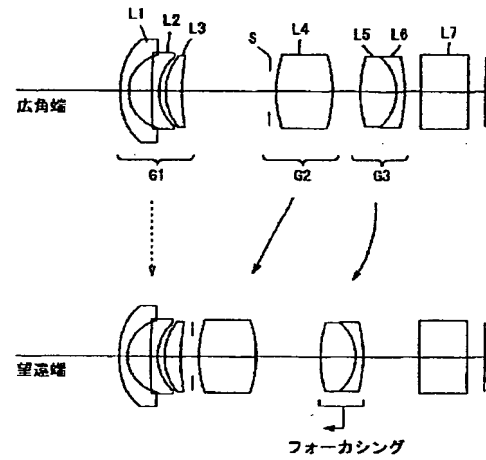
【図2】



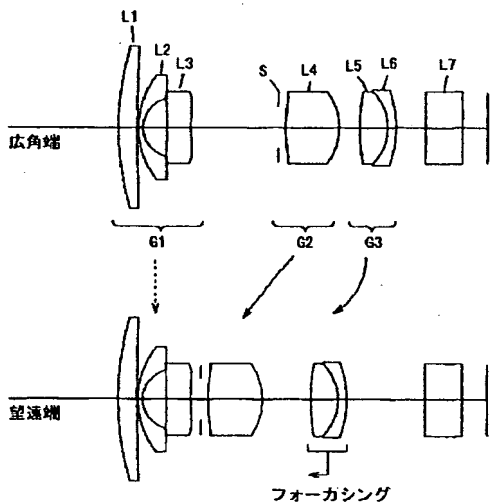
【図3】



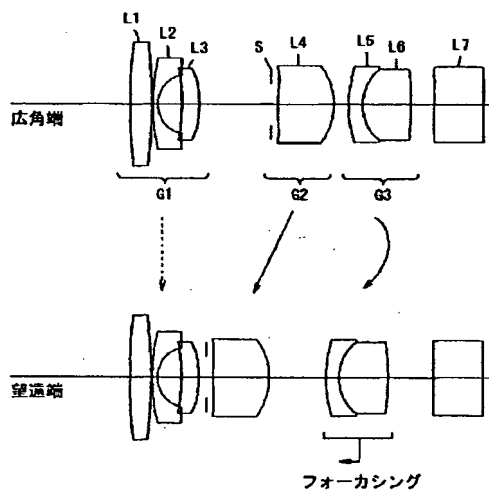
【図5】



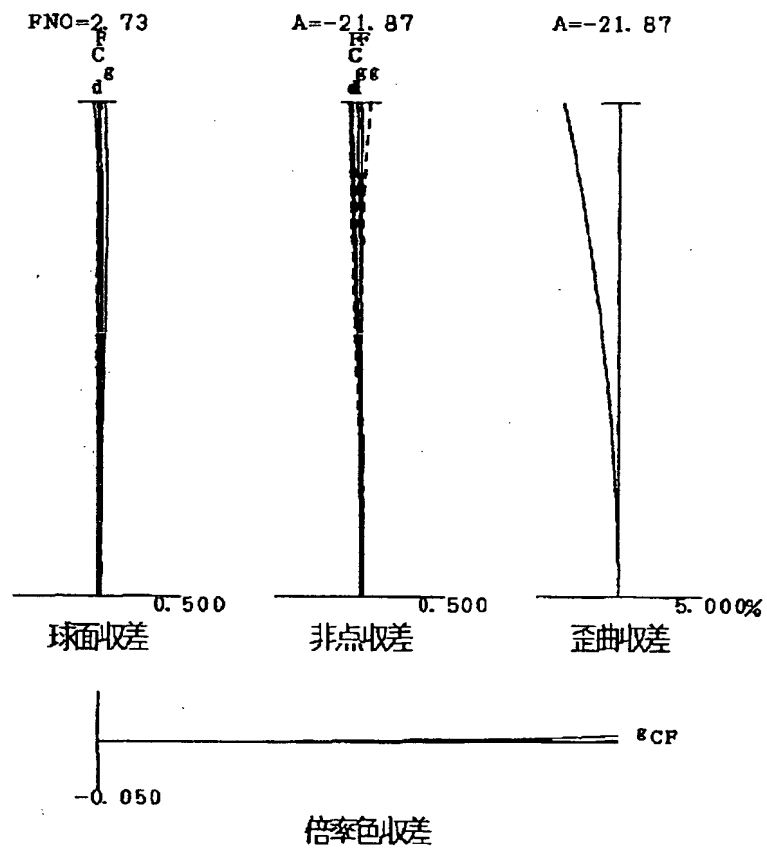
【図9】



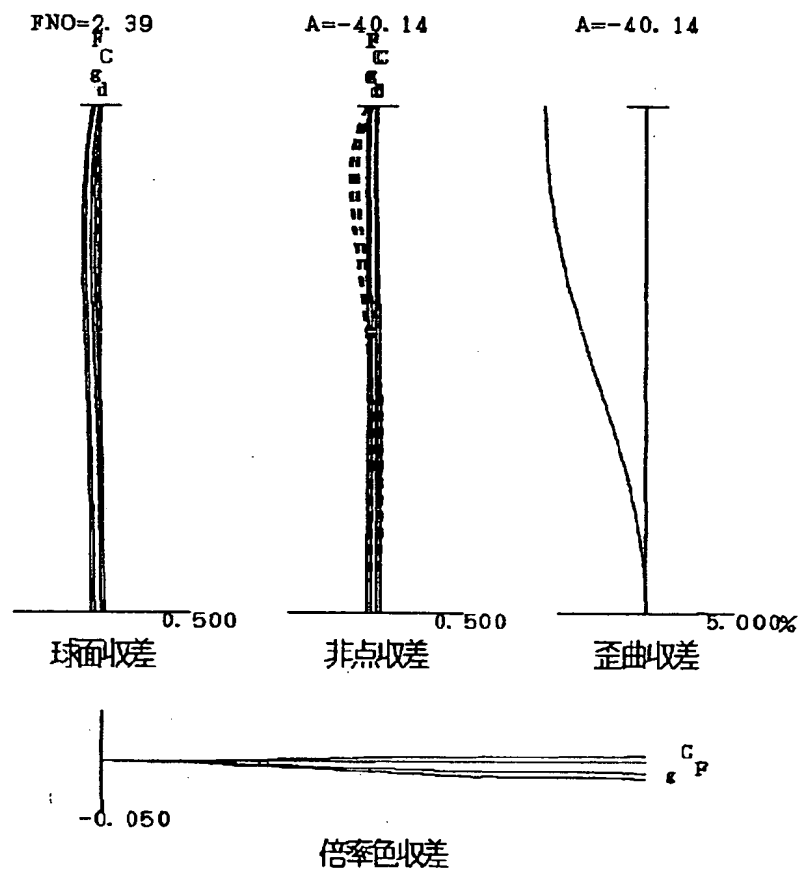
【図13】



【図4】

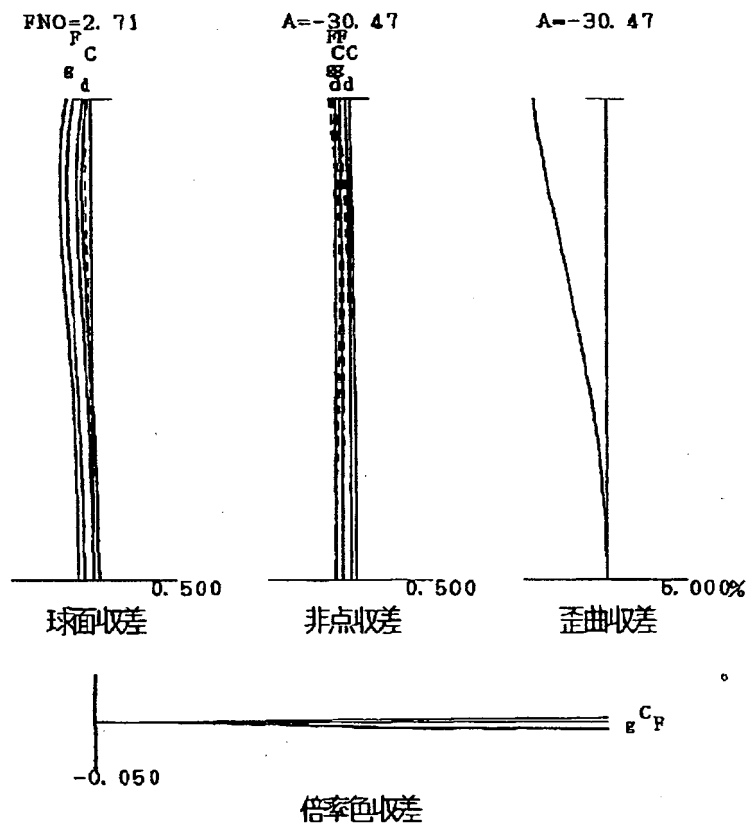


【図6】

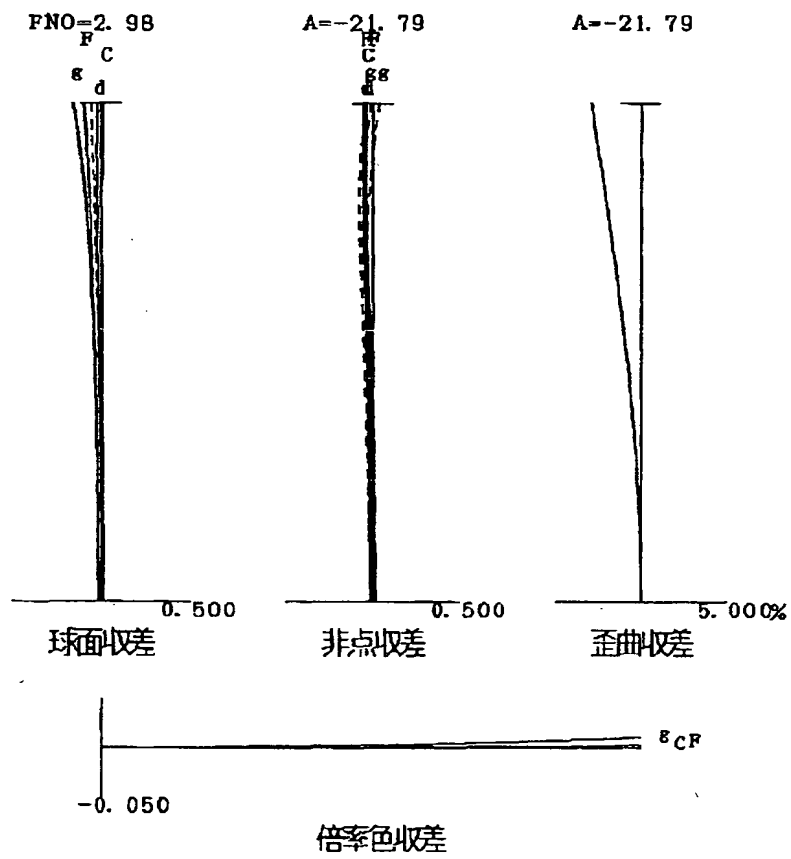




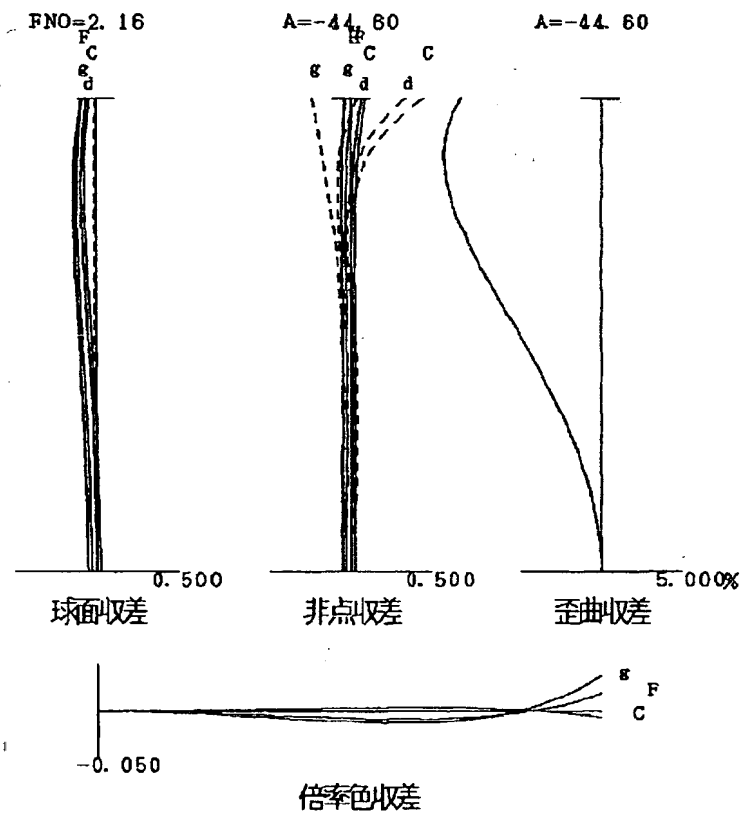
【図7】



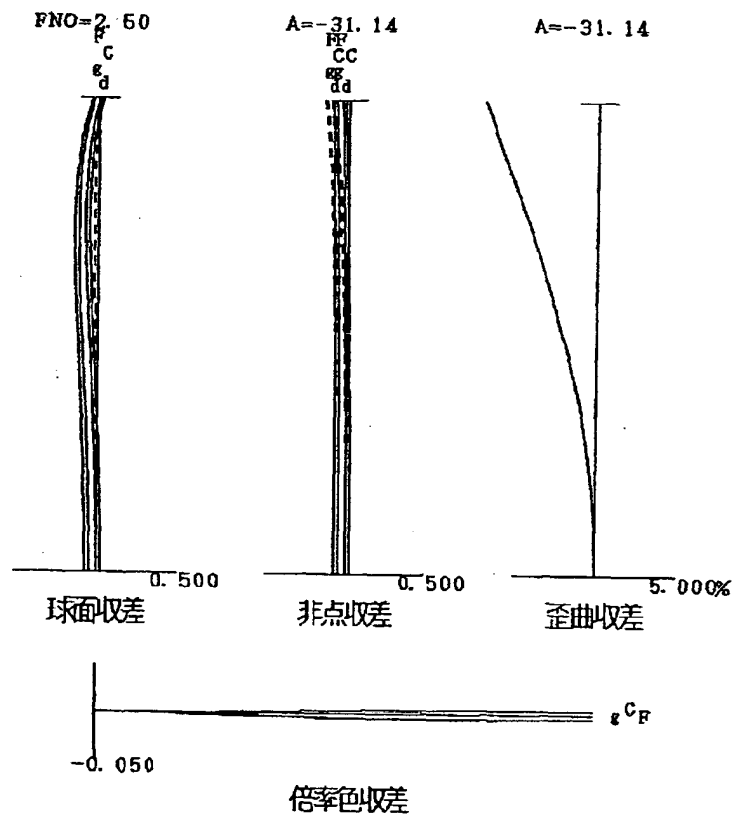
【図8】



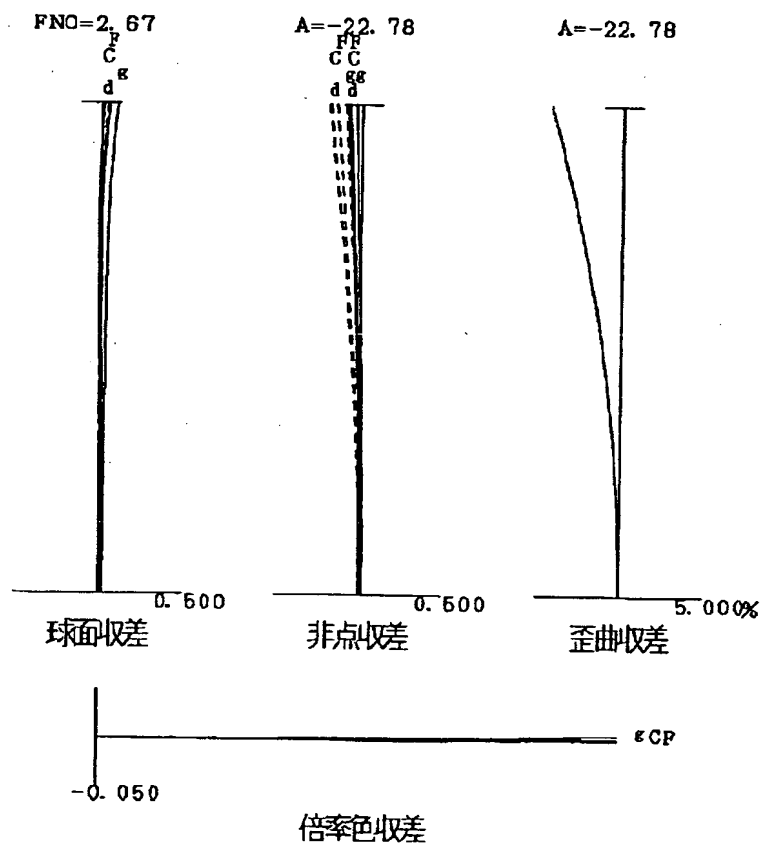
【図10】



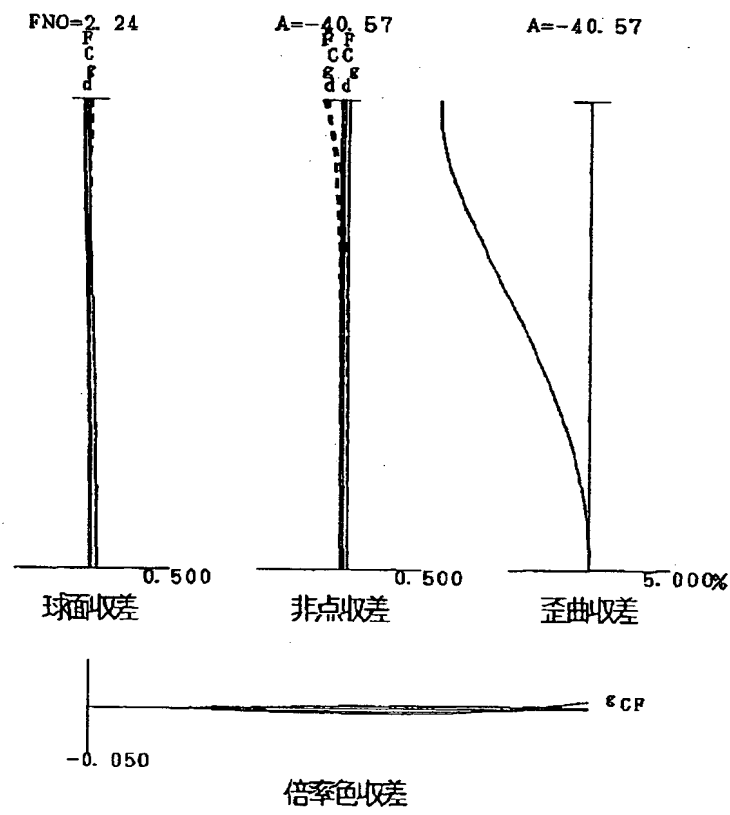
【図11】



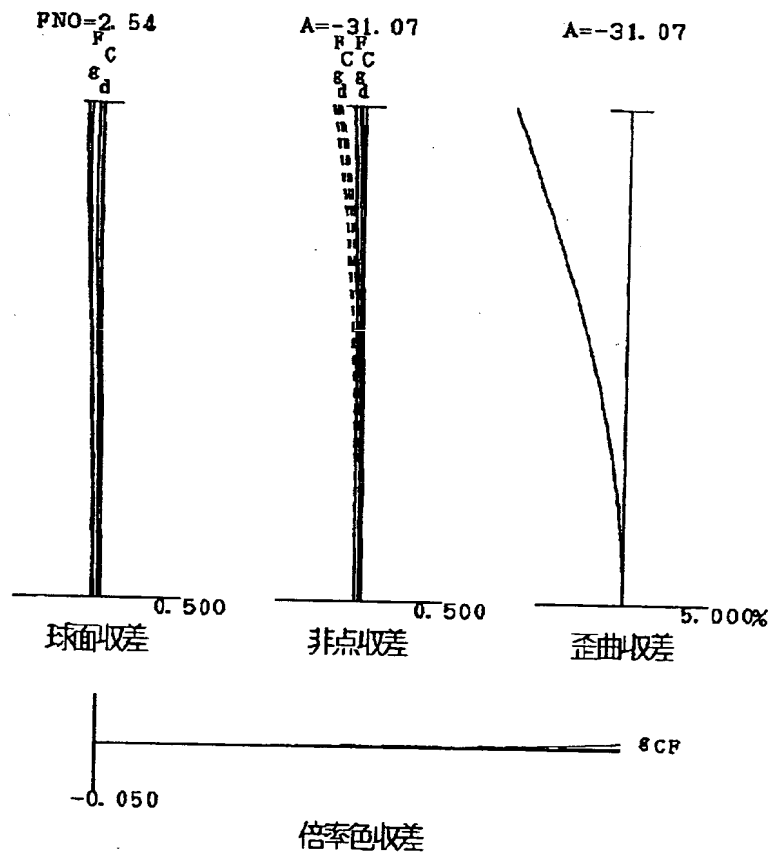
【図12】



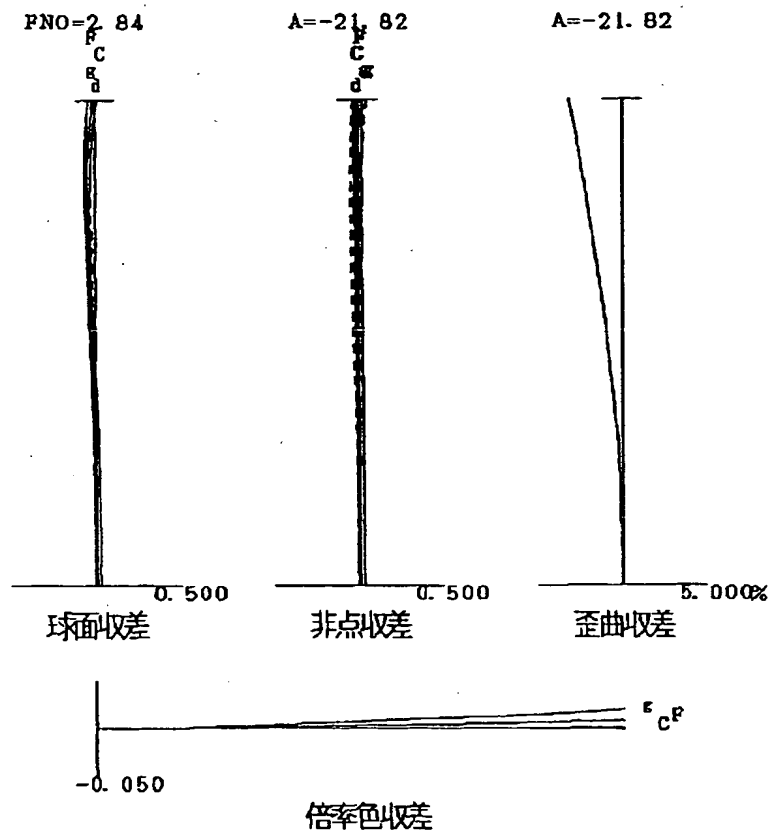
【図14】



【図 15】



【図16】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA03 LA01 MA08 MA14 PA05  
 PA18 PB06 QA02 QA07 QA12  
 QA14 QA17 QA22 QA25 QA26  
 QA34 QA37 QA41 QA42 QA45  
 RA05 RA12 RA13 SA14 SA16  
 SA19 SA63 SA64 SA72 SB04  
 SB12 SB23